北京电视台 IP 化数据流交换系统的设计与实现

摘 要：本文以北京电视台 IP 化数据流交换系统的建设为背景，介绍了北京电视台通过采用 IP 流内容汇聚与调度技术、实时流转码技术和 IP 信号监控与分发技术，初步实现和具备了全台 SDI、IP 及台外提供的各种类型信号的统一 IP 化汇聚能力。同时，将流调度系统与实时在线流转码系统相结合，做到了将汇聚于台内的各 IP 化信号的统一调度与分配、对所有 IP 化信号的统一监控，并通过对信号的实时在线包装后，以各种 IP 直播方式向台内、台外进行 IP 流内容的发布。

关键词：IP 化数据流；IPTV；SDI Over IP；超高清
中图分类号：TN948.1　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2019）12-122-05　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2019.12.037
本文著录格式：朱江 . 北京电视台 IP 化数据流交换系统的设计与实现 [J]. 中国传媒科技，2019（12）：122-126.

文 / 朱江

引言

近年来，随着传统电视台向 IP 化的转型和过渡的趋势，电视媒体不断利用互联网、移动通信网的技术平台扩展自身媒体属性，拓展了一系列基于流媒体技术的如 IPTV、网站、移动端等新媒体平台产品。我台在这方面也进行了大力发展和研究，在此发展趋势的大背景下，目前在台内构建一套基于 IP 流的统一交互平台就显得尤为必要。通过该系统，将我台自有 IP 流、外来直播流和其他流资源进行统一汇聚，并通过 IP 化切换矩阵和 IP 实时流转码技术，实现实时流的调度和多平台分发功能。满足台内外各业务平台多样化的内容需求，为后期的全台 IP 化改造和 IP 运营提供技术支持。

1. 需求分析

本系统的建设目的和设计初衷是以基于 IP 化实时流转码技术架构为支撑，以我台自有本地信源、直播流等视音频内容源为基础，辅以其他外部流资源，通过 IP 化切换矩阵，实现实时流调度分发，并根据需求进行分布式实时转码，叠加台标、字幕等内容，满足 IPTV、网站以及其他第三方平台多样化的内容直播需求。其系统需求如下：

1.1 构建 IP 实时流统一汇聚平台

将目前北京电视台、IPTV 集控平台与新闻制作平台中的 IP 直播内容和未来需要接入的 IP 直播信号进行统一汇聚，提供一种标准的 IP 实时流接入手段。

1.2 构建 IP 实时流统一调度平台

将汇聚的全台 IP 流实时信号进行统一调度与分配，便于电视台、IPTV 集控平台和相关新媒体演播室的直播内容调用。

1.3 构建 IP 实时流统一发布平台

通过 IP 流集中调度系统实现对全台 IP 直播信号的轮询监控，并通过与其挂接的直播实时转码系统，实现 IP 信号的按需转码发布，实现对目前系统对于直播信号的字幕叠加、LOGO 叠加与相关协议、码率与格式的适配支持。

2. 解决方案

根据北京电视台网络现状进行整体 IP 流系统架构和功能设计，我们将整个系统分为内容汇聚和调度系统、多屏转码系统及发布节点监控系统。

从台内和台外各类 SDI/IP 信号汇聚，经由 IP 调度管理后，提供标准 IP 信号到转码集群，然后经由转码集群转码为适合多屏业务发布的格式，提供到发布平台。总体框架如图 1 所示。

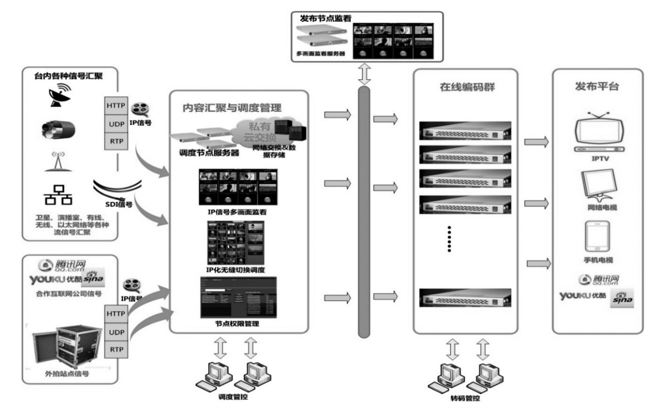


图 1　总体业务架构图

从业务功能层面设计，本平台主要体现在：

保持台内现有网络架构体系，只针对 IPTV 输出端进行信号对接。

更多考虑 IP 运营机制，将 IP 调度平台输出的多格式码率信号推送给更多业务平台应用（如互联网媒体、内容制作外包服务商、IP 信源分析、OTT 平台等）。

设置多个外场信号接口，外场信源可直接将信号投入矩阵，经矩阵调度，可将实时信号推送给台内播控平台。

灵活自由的播控管理功能，可自动或手动编单，按照规定时间节点自动完成播出任务 。

采用 IP 矩阵调度管理和编转码集群分开管理模式。管理都采用 B/S 架构，并可根据台内实际网络情况灵活配置。

针对 IP 矩阵调度后的发布节点进行监控。采用多画面内容监看报警和 IP 码流分析报警模式。

从技术角度进行设计，本平台部署位于北京电视台智慧媒体网络域，与智慧媒体核心交换机直接互联，同时，借助于台内互联网出口，与台外信号进行输入输出交互，形成单播、组播在台内网的混合传输模式，满足 IP 信源在台内、外的输出以及系统本身信令管理的目的。系统主要包含“内容汇聚与调度管理”“多屏转码集群”“发布节点监看和监测”三个主要子系统。针对以上三个子系统，以下解决方案中将分别进行阐述（如图 2）。

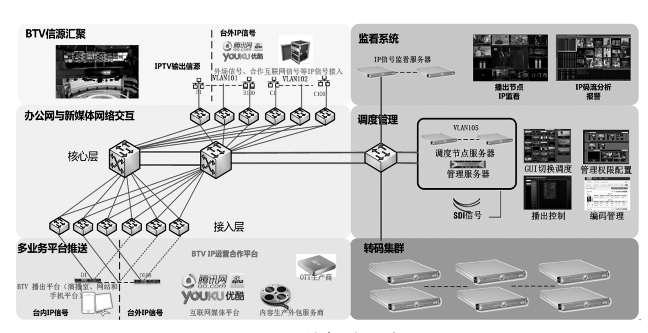


图 2　总体技术框架图

2.1 内容汇聚和调度系统

系统可适配各类 IP 信号和 SDI 信号汇聚，转换为指定 IP 流格式，通过图形化界面，实现信号调度和切换管理，达到 IP 流实时切换和 IP 地址 / 端口的重定向，输出到指定多屏转码集群。采用分布式调度节点服务的方式。该模式特点是对基础网络交换机本身没有严格要求，理论可适配目前台内以及市场上的所有主流交换设备。同时，调度管理服务本身，可根据业务需要，无限制地调整调度节点数量，以实现业务的扩容。对未来可能增加的其他业务调度格式，也可无缝适配。支持 SDI 信号和 IP 信号内容汇聚。IP 信号支持格式多样，包括 HD/SD-SDI 信号、IP 信号，封装格式（HTTP\RTP\UDP）和编码格式（TS 压缩，H.264/Mpeg2 video，Mp3/AAC/Mpga audio ）。

2.1.1 多格式适配

表 1　IP 调度多格式适配

	信号类型	连接方式
多信号适配：HD/SD-SDI 信号 IP 信号，封装格式（HTTP\RTP\UDP）和编码格式（TS 压缩，H.264/Mpeg2 video，Mp3/AAC/Mpga audio ）FEC 传输保障：FEC 冗余纠错技术，在小范围的网络丢包情况下，可保证传输质量	SDI	一路 I/O 板卡
	TS over IP 流（IPTV 平台输出信号）	组播 UDP 模式 单播 UDP 模式
	RTMP 信号（场外推送信号，互联网合作商信号）	推送方式 拉方式
	HTTP 信号（互联网合作商信号）	拉方式为主

2.1.2 双切换模式

系统包含 5 台服务器，一台中心管控，四台节点调度。一台节点调度服务器最大支持 4 路无缝切换或者 20 路有缝切换。目前，系统支持 80 路有缝切换和 16 路无缝切换模式，两种切换模式可根据实际业务需求调换各自比重（如图 3）。

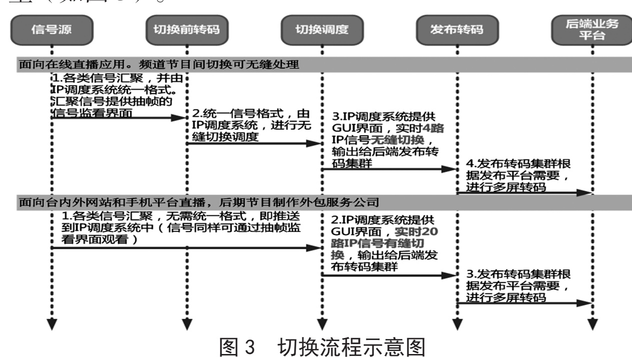


图 3　切换流程示意图

两种切换模式即“无缝切换”和“有缝切换”，“无缝切换”即传统播出中所说的零帧切换，由于在流汇聚过程中进行了流编码，所以，此种模式是基于 I 帧的切换，效果等同于传统播出切换。“有缝切换”在流汇聚过程中不进行流编码，故做不到零帧切换，切换时长在 1 秒钟左右。在实际使用中，可根据业务需要配置各调度节点，采用“有缝”或是“无缝”，且日后可以随时更改各调度服务器，进行“有缝”&“无缝”间业务模式转换。

表 2　切换模式对比表

切换类型	应用流程
无缝切换	1. 面向在线直播应用。频道节目间切换可无缝处理 2. 可手动操作，或根据节目单，自动切换 3. 由于无缝切换系统资源需求较大，非在线直播频道，采用有缝切换处理 4. 无缝切换和有缝切换分开管理。本系统中 4 路自由信号采用无缝切换设计
有缝切换	1. 面向收录，或非频繁切换的在线直播频道 2. 可手动操作，或根据节目单，自动切换 3. 相对无缝切换，系统资源需求少 4. 无缝切换和有缝切换分开管理。本系统中 60 路 IPTV4. 信号采用有缝切换设计

“无缝切换”模式主要面向在线直播应用。频道节目间切换可无缝处理。“有缝切换”主要面对收录，或非频繁切换的在线节目调度使用。

两种切换模式均具备自动垫片功能，垫片素材可以是视频和图片。具体两种切换模式对比如表 2。

2.1.3 编排管理

系统的编排管理模块是用来将汇聚进来的 IP 信号进行手动或自动编排，提供节目编单功能，并提供对外接口，支持节目单的上载和导出，满足节目编单和自动调度处理的业务需求。

2.1.3.1 自定义播出时间控制

自定义时间线，调整输入输出播出控制，自动生成表单，按自定义时间编排播出，主要应用于应急活动，如外场信号接入，突发信源接入。操作灵活，应急性高。

可直接投放 IPTV、手机网页和演播室等多平台推送。

2.1.3.2 节目单播出控制

支持编单功能，可按照节目单进行编单自动切换调度处理。支持 B/S 的 Web 管理界面。主要用于 IP 播控管理，系统支持手动编单管理，支持节目单自动导入功能，可与台内播控系统对接。

2.1.3.3 开放式接口

提供开放 API，可支持定制管理流程（根据时间线编单调度），也可与第三方管理系统对接。可支持编单系统，自动切换、频道节目置换（如图 4）。

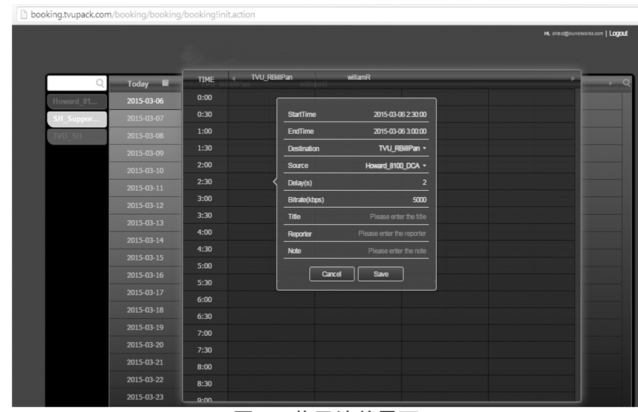


图 4　节目编单界面

2.1.4 流程展示

系统的调度操作界面设计为“棋盘格”式的可视化风格，将输入信源和输出信源以连线的方式表示调度路径，并在调度链路展示实时画面帧，供操作人员实时监看信号状态。

单个调度节点为 20×20 的可调度范围，每个调度节点都可以独立打开一个浏览器窗口，支持简单的鼠标操作（如图 5）。

多个调度节点，集合成更大的 Matrix，提供更多路的调度状态显示和操作（如图 6）。

2. 2 多屏转码系统

多屏转码系统接收从 IP 内容汇聚与调度管理平台提供的 IP 流，实时转码为业务人员指定的多屏多终端流格式。输送到后端多屏播出平台。本系统采用 4 台编码器实现相应的转码任务，共可完成 15 路高清节目及 45 路标清节目的 1 入 3 出转码，系统接收 IP 调度系统调度输出的节目流，转码为下游平台所需的多格式节目流，向下游交换机进行推送。系统同时配置 1 台集群管理服务器，完成外部转码指令的接收及各台在线转码服务器的任务调整及分配（如图 7）。

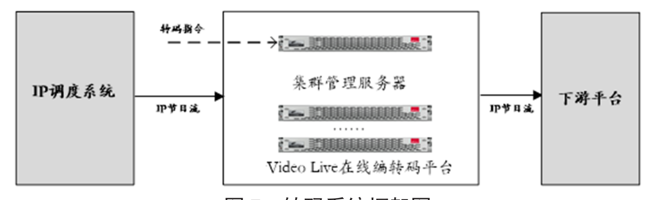


图 7　转码系统框架图

2.2.1 “CPU+GPU”软硬结合转码

独有的“CPU+GPU”的软硬件结合的组合编转码方案，实现了高速编转码和高质编转码，利用 GPU 的千核“并行数学运算”能力及独有的硬件（CUDA）算法，提升转码效率，且保证质量，单机并发数可以大大提高，与 CPU 软件解决方案相比，有明显的效能优势；与硬件编码板卡相比，编码质量更好，且更新更灵活。

2.2.2 支持丰富的输入输出流格式

丰富的输入流协议，大幅扩展业务形态，便于开展直播节目汇聚 TS Over UDP、TS Over HTTP、FLV Over HTTP、Apple HLS、RTSP、RTMP、SDI/HD–SDI、ASI；丰富的输出流协议，真正支持多屏 TS Over UDP、Apple

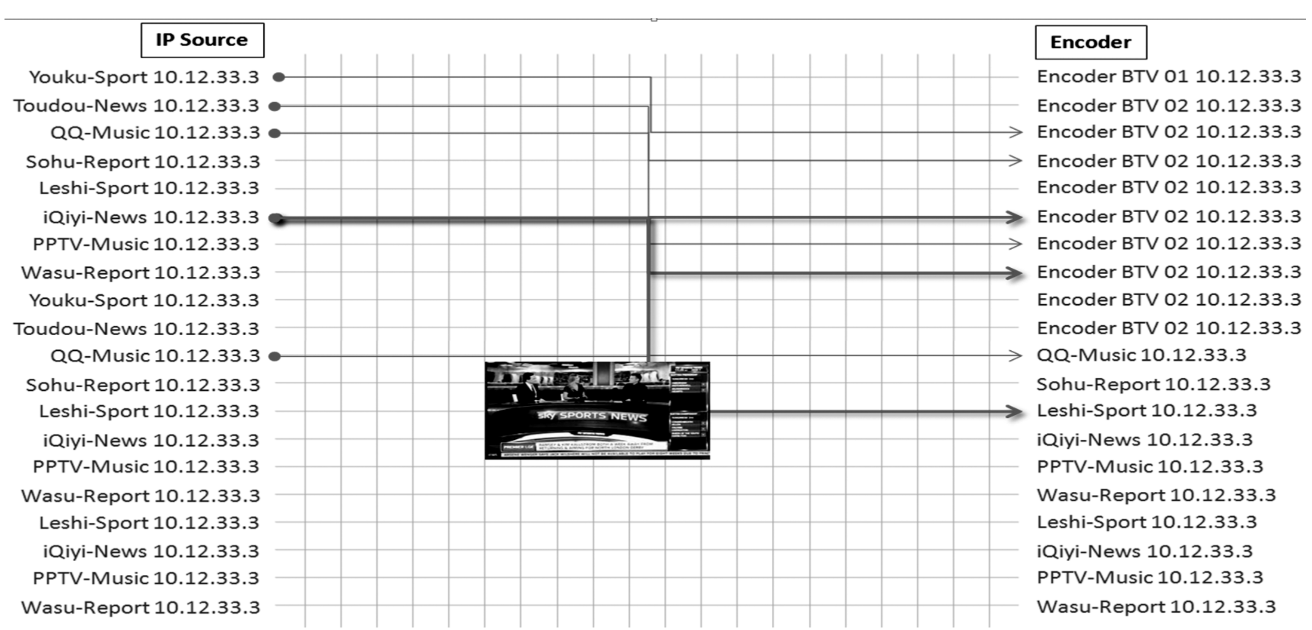


图 5　单台调度节点节目展示

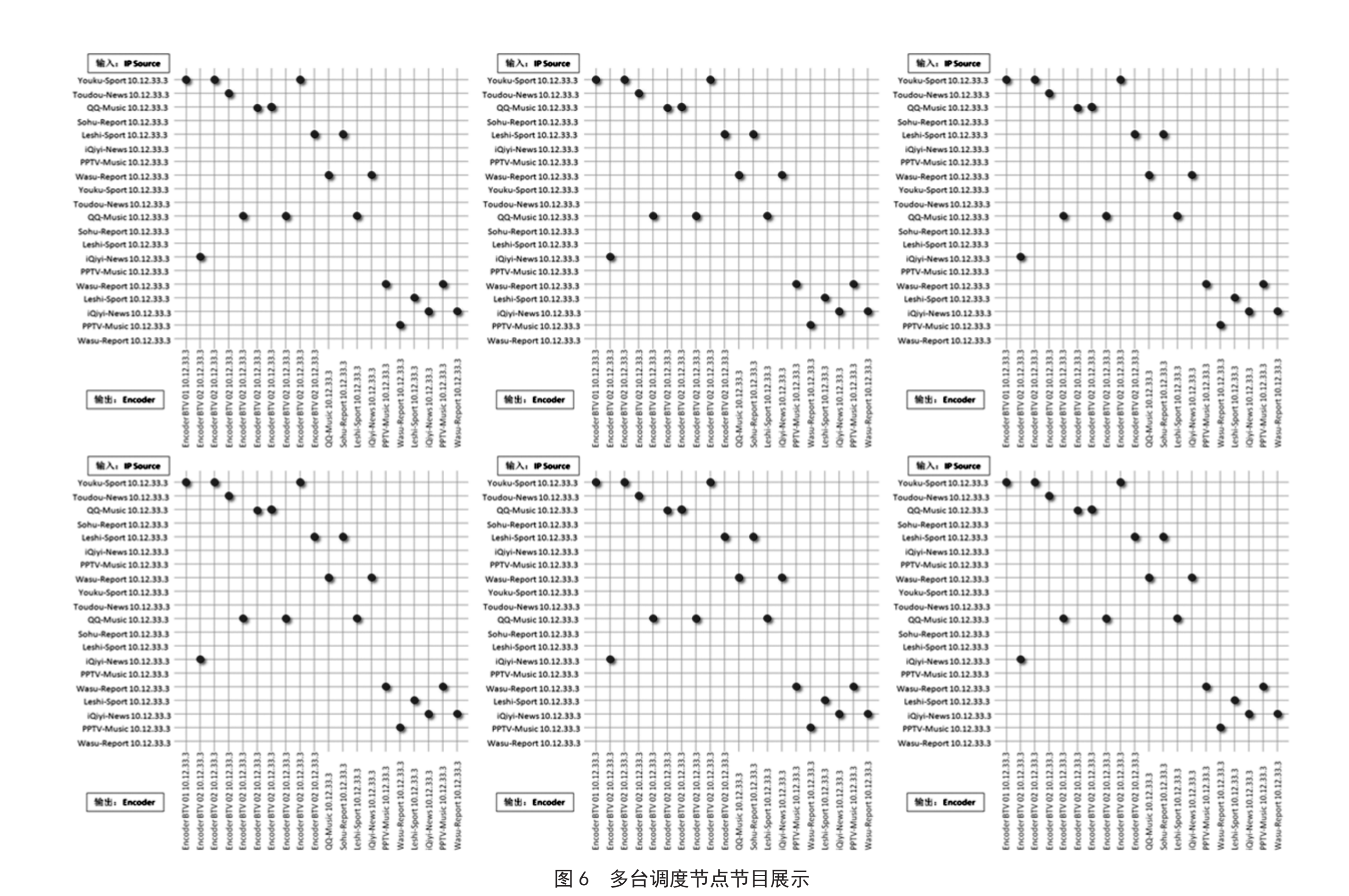


图 6　多台调度节点节目展示

HLS、MS Smooth Streaming、Adobe RTMP、Adobe HDS、ASI。

2.2.3 转码输出能力及在线包装

能够在直播画面的任何位置加入台标、遮挡，加黑边 / 去黑边等，同时允许在 Web 控制台的远程实时预览修改后的播放效果。支持实时预览插件可实时直观地对图像处理效果及实时信源进行查看。本系统设定的输入格式为：15 路高清，H.264，1920*1080；45 路标清，H.264，720*576。输出格式：15 路高清，1920*1080 8Mbps 码流；1024*576 1.2Mbps 码流；640*360 800Kbps 码流； 45 路标清输出：720*576 2.5Mbps 码流；640*360 800Kbps 码流；640*360 500kbps 码流。

2. 3 发布节点监控系统

对 IP 内容汇聚与调度平台经过信号调度后，用于发布的 IP 信号，实现 IP 多画面监看和 IP 码流分析报警。

2.3.1 多画面显示监测报警

完成码流解码视音频内容的实时监测报警、多画面组合和码流监测信息显示等功能。支持色彩格式显示、色彩格式异常报警、黑场、静音、伴音静帧、无伴音静帧、音量过高、音量过低等故障、多画面组合显示、码流监测信息显示、全程录像和故障触发录像，并可任意选择 TS over IP 组播码流，任意选择节目，进行画面组合监听、监看和监测。本系统支持 40 路标清或 8 路高清 H.264 多画面拼接监看（HDMI、DVI 输出）。

2.3.2 码流监测探针系统

支持 UDP、RTP、HTTP、RTMP、RTSP、HLS 等传输协议，支持 FLV、MP4、3GP、TS、MP2T、MP2T+RTP 等封装格式的流媒体质量监测。支持流媒体自动探测，自动发现网络节点中所有正在发生的流媒体传输业务，准确识别各种协议类型，提取媒体 URL、媒体响应时间、媒体时长等关键信息。支持 MDI（RFC4445）、TR101 290 指标分析，支持对单个流的深度分析，包括带宽、PID、PSI/SI 信息等。

3. 系统特点与主要贡献

整个系统根据实际使用情况来看，有以下几个特点和贡献：

众所周知，传统的 SDI over IP 的解决方案目前在传统电视制作和播出中还存在一定的困难。部署一套无压缩的 IP 化传输系统并非一蹴而就，且与 SDI 相比，IP 流在切换精度方面还有差距，网络管理与协议处理也远比 SDI 复杂。但是，本系统更偏向于在互联网侧开展应用，不涉及传统电视的高码率应用，在避免了上述问题的同时发挥了 IP 化的优势，可复用台内网络基础设施，且信号汇聚调度灵活、可伸缩，并与台外互联网资源实现有效融合。

IP 化数据系统与我台 IPTV 平台相结合，可发挥更

大优势。IPTV 作为目前 IP 流系统的主要输入信号源，通过汇聚以及调度、转码可灵活地进行调配并输送给台内、台外目标平台和合作伙伴，同时满足了传统 SDI 传送超高清（4K/8K）的要求。在 IP 化体系中，使电视台传送高清、超高清信号在传输带宽的问题得到了解决。

IP 化数据系统同时与其他平台对接方便，调整快速灵活，降低了施工成本，基本做到只需解决网络层面的问题即可投入使用。同时，与台外第三方互联网资源的接入，作为输入信号上游反哺给台内、IPTV 等重要平台，做到传统广电播出与互联网播出的巧妙结合，使传统电视资源、IPTV、互联网视频资源有效融合、良性循环。

此次的 IP 化数据交换系统秉承了传统广电的特点，具有高度的可靠性，同时兼具互联网、新媒体快速、灵活、多变的特点。在现有系统规模下，系统设计考虑了较好的业务扩展的弹性，未来随着业务规模不断扩大，以本平台为基础可灵活扩容。同时，与台外第三方、互利网公司链路、业务的打通，不仅为我台尝试探索了一条围绕 IP 化的发展道路，而且为 IP 化可运营模式在台内的落地做了一定程度的准备和铺垫。

4. 总结与展望

在广电制播系统 IP 化的大背景下，在构建超高清制播系统需求的推动下，本系统的建成是对于行业内继续使用 SDI 信号还是过渡到全 IP 技术的一次成功和有效的探索和尝试，也是对我们现在面临 IP 化改造过程中所遇到的困惑一些回答。我们会不断地将新技术应用于电视台技术系统改造中，以技术创新为业务稳定运行和持续发展服务。媒

参考文献

[1] 石峰 . 超高清制播系统中 SDI/IP 混合架构初探 [J]. 有线电视技术，2017（2）：102-108.

[2] 武智 .IP 时代的全媒体演播室 [J]. 现代电视技术，2015（7）：46-49，54.

[3] 陈争辉 . 浅谈全媒体环境下演播室的 IP 化改造 [J]. 视听，2018（8）：215-216.

（作者单位：北京电视台信息网络管理部）

（上接第74页）

惯都是一个挑战。面对碎片化阅读的浪潮，我们不必一味排斥，也无须终日恐慌。只要多方共同努力，寻找碎片化阅读与系统化深度阅读的衔接点，引导大众的阅读习惯良性发展。媒

参考文献

[1] 中国新闻出版研究院全国国民阅读调查课题组 . 第十六次全国国民阅读调查报告 [J]. 新阅读，2019（5）：45.

[2] 中国互联网络信息中心 . 中国互联网络发展状况统计报告 [R/OL]. http：//www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwxzbg/hlwtjbg/201908/t20190830_70800.htm.

[3] 魏玉山 . 不要轻易否定微阅读、浅阅读、碎片化阅读 [J]. 出版参考，2013（12）：1.

[4] 国家新闻出版广电总局 . 新闻出版广播影视“十三五”发展规划 [J]. 中国出版，2017（20）：3-23.

[5][7]Mob 研究院 .2019 年移动阅读行业报告 [R/OL]. https：//cj.sina.com.cn/articles/view/5395803974/1419d6f4601900q2dd?from=finance.

[6] 汪翔 . 移动有声阅读 APP 崛起的原因探析 [J]. 新闻研究导刊，2019（4）：224-226.

（作者单位：江苏教育报刊总社）